

一种异常初至时间修正方法

技术领域

本发明涉及石油地球物理勘探资料处理技术领域，具体是一种异常初至时间修正方法。

背景技术

随着高密度高效采集技术的应用越来越广泛，勘探的目标区逐渐转向复杂地表条件的地区，低信噪比海量数据的初至拾取工作面临巨大的挑战，传统方法需花费大量的人力和时间进行修正异常初至时间，大量的交互影响拾取精度和效率。因此，初至时间自动拾取过程中修正异常初至时间方法研究对低信噪比大数据量的资料显得非常必要。

目前初至时间自动拾取的方法有很多，主要包括拐点校正法、相关法、能量比值法、图像边界检测法、神经网络法、分形维数法等，但是在复杂近地表条件下，由于初至时间能量特征、波形特征、相位特征变化大，又常常受噪声干扰，初至时间自动拾取方法的精度仍然无法满足要求，需要对拾取的初至进行修正，目前的修正技术主要是样条内插技术，该技术仅适用于近地表的厚度、速度空间相对稳定地区，而对于近地表构造复杂和初至波信噪比低的区域将失效。

因此，现有技术中亟需一种有效的异常初至时间修正方法，从而为后续利用初至时间的属性解决地震数据的静校正问题提供有效的依据。

发明内容

本发明主要是克服现有技术中的不足之处，提出一种异常初至时间修正方法，该方法提出新的能量比值公式，提高低信噪比地震资料初至时间拾取精度，

说明书

根据可靠初至时间的能量和波形面积对异常初至进行精准地修正，提高初至时间自动拾取的精准度和道数，为后续利用初至时间的属性解决地震数据的静校正问题提供有效的依据。

本发明解决上述技术问题所提供的技术方案是：一种异常初至时间修正方法，包括以下步骤：

A、根据采集的地震数据计算每道每一个采样点的能量比值，得到所述道的能量比值曲线；

B、从所述道的能量比值曲线中得到最大值对应的采样点，并将采样点作为相应地震道初至时间的样点；

C、利用滑动时窗对初至时间线性拟合，根据初至时间与拟合线的距离确定可靠初至时间；

D、计算可靠初至时间的正负波形面积、两个面积的比值、比值的均值以及初至波峰点能量的均值；

E、计算异常初至道在预设的时窗内每个子波的正负波形面积的比值和每个子波的波峰点能量；

F、根据上述得到的数据计算异常初至道在预设的时窗内每个子波的综合评价值，确定异常初至时间的正确初至时间；

G、滑动着对所有异常初至时间进行计算修正。

进一步的技术方案是，所述步骤A中采集的地震数据利用预设的能量比值公式计算每道每一个采样点的能量比值，其预设的能量比值公式如下：

$$R_i(r) = \frac{\frac{\alpha}{n} \sum_{j=0}^r |x_j| + \sum_{j=r}^{r+w} |x_j|}{\frac{\alpha}{n} \sum_{j=0}^r |x_j| + \sum_{j=r-w}^r |x_j|} \cdot \left| \sum_{j=r}^{r+w} |x_j| - \sum_{j=r-w}^r |x_j| \right| \cdot r^\beta$$

式中： $R_i(r)$ 代表第*i*道第*r*个采样点的能量比值，*w*为计算时窗的点数，*i*为地震道道号， $1 \leq i \leq m$ ，*r*为对应的第*i*道的采样点点号， $1 \leq r \leq n$ ，*n*为一道

的采样点数， α 为稳定因子， β 为大于0的整数。

进一步的技术方案是，所述步骤C的具体过程为：

a、以第一道初至时间为起点，滑动时窗长度为L，滑动步长为1，逐道滑动着对拾取的初至时间线性拟合，计算滑动时窗内每道初至时间与拟合直线的时差，若滑动时窗内某道大于给定的阈值 δ ，则为异常初至，否则为可靠初至；

b、以第一道初至时间为起点，确定第 k_1 道为第一个异常初至时间，逐道滑动着向后寻找，直到第 k_2 道为异常初至，且第 k_2+1 道为可靠初至时，将第 k_1 至 k_2 道之间的初至时间标记为异常初至段，对所有拾取的异常初至时间进行标记。

进一步的技术方案是，所述步骤D中可靠初至时间的正负波形面积比值的计算公式如下：

$$P_{k_1-d} = \frac{A_{(k_1-d)1}}{A_{(k_1-d)2}}$$

式中： P_{k_1-d} 为第 k_1-d 道可靠初至时间的正负波形面积比值， $A_{(k_1-d)1}$ 和 $A_{(k_1-d)2}$ 分别为第 k_1-d 道初至时间的正波形面积和负波形面积，且 d 为大于等于1小于等于 l 的正整数， l 为预设的可靠初至时间的道数。

进一步的技术方案是，所述步骤D中比值的均值的计算公式如下：

$$\bar{P}_{k_1-1} = \frac{\sum_{d=1}^l P_{k_1-d}}{l}$$

式中： \bar{P}_{k_1-1} 为与第 k_1-1 道相邻的可靠初至时间的正负波形面积比值的均值， P_{k_1-d} 为第 k_1-d 道可靠初至时间的正负波形面积比值， d 为大于等于1小于等于 l 的正整数， l 为预设的可靠初至时间的道数。

进一步的技术方案是，所述步骤D中初至波峰点能量的均值的计算公式如下：

$$\bar{E}_{k_1-1} = \frac{\sum_{d=1}^l E_{k_1-d}}{l}$$

式中： \bar{E}_{k_1-1} 为与第 k_1-1 道相邻的 l 道可靠初至波峰点能量的均值， E_{k_1-d} 为第 k_1-d 道可靠初至波峰点的能量，且 d 为大于等于 1 小于等于 l 的正整数， l 为预设的可靠初至时间的道数。

进一步的技术方案是，所述步骤 E 的具体过程为：从确定的可靠初至时间相邻的异常初至时间第 k_1 道开始，逐道计算在预设的时窗内每个子波的正负波形面积比值 P_{k_1} 和子波的波峰点能量为 E_{k_1} ：

$$P_{k_1} = \frac{A_{k_11}}{A_{k_12}}$$

式中： A_{k_11} 和 A_{k_12} 分别为第 k_1 道预设的时窗内某个子波的正波形面积和负波形面积，给定的时窗为以相邻的可靠初至时间为中心，上下分别取 T 毫秒为时窗的长度，第 k_1+1 道以第 k_1 道修正后的初至为中心给定时窗，逐道滑动着确定第 k_1+2 至 k_2+1 道的时窗。

进一步的技术方案是，所述步骤 F 中异常初至道在预设的时窗内每个子波的综合评价公式如下：

$$S = \varepsilon_1 \cdot \left| \frac{E_{k_1}}{\bar{E}_{k_1-1}} - 1 \right| + \varepsilon_2 \cdot \left| \frac{P_{k_1}}{\bar{P}_{k_1-1}} - 1 \right|$$

式中： S 为子波的综合评价，最小值对应的子波为第 k_1 道的初至时间， E_{k_1} 和 P_{k_1} 分别为第 k_1 道预设时窗内某个子波的波峰点能量和正负波形面积比值， \bar{E}_{k_1-1} 和 \bar{P}_{k_1-1} 分别为与第 k_1-1 道相邻的 l 道可靠初至波峰点能量的均值和正负波形面积比值的均值， ε_1 和 ε_2 为加权系数， $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 1$ ， l 为预设的可靠初至时间的道数。

进一步的技术方案是，所述步骤 F 中通过预设时窗计算可靠初至的初至时间与实际的初至时间的差的绝对值来确定异常初至道的正确初至时间。

进一步的技术方案是，所述确定异常初至道的正确初至时间的具体过程为：

根据上述计算预设时窗内每个子波的综合评价值，确定了第 k_1 道的初至时间，将第 k_1 道作为可靠初至时间，依次计算第 k_1+1 至 k_2+1 道的初至时间，计算第 k_2+1 道的初至时间和实际的初至时间的差的绝对值，若所述差的绝对值小于 1，则计算的第 k_1 至 k_2 道的初至时间是正确的，否则确定的第 k_1 至 k_2 道的初至时间是错误的；

如果上述计算的第 k_1 至 k_2 道的初至时间是错误的，则以第 k_2+1 道为起始位置，依次计算第 k_2 至 k_1-1 道的初至时间，如果计算的第 k_1-1 道的初至时间和实际的初至时间的差的绝对值小于 1，则计算的第 k_2 至 k_1 道的初至时间是正确的，否则确定的第 k_1 至 k_2 道的初至时间是错误的，第 k_1 至 k_2 道的初至时间是 0。

本发明具有有益效果：本发明可以有效地实现对大数据量、低信噪比地震资料的异常初至时间进行计算修正，准确拾取初至时间，与现有技术相比，可以大大提高拾取初至时间的精准度和道数，为后续利用初至时间的属性解决地震数据的静校正问题提供有效的依据。

附图说明

图 1 为本发明实施例提供的异常初至时间修正方法的流程图；

图 2 为本发明实施例提供的炮集数据的示意图；

图 3 为本发明实施例提供的单道原始地震记录的示意图；

图 4 为本发明实施例提供的能量比值曲线的示意图；

图 5 为本发明实施例提供的单炮初至时间拾取的示意图；

图 6 为本发明实施例提供的剔除异常初至时间的示意图；

图 7 为本发明实施例提供的对异常初至时间修正的示意图。

具体实施方式

下面结合实施例和附图对本发明做更进一步的说明。

本发明的一种异常初至时间修正方法，包括以下步骤：

步骤 101、根据采集的地震数据和预设的能量比值公式计算每道每一个采样点的能量比值，得到所述道的能量比值曲线；

其预设的能量比值公式如下：

$$R_i(r) = \frac{\frac{\alpha}{n} \sum_{j=0}^r |x_j| + \sum_{j=r}^{r+w} |x_j|}{\frac{\alpha}{n} \sum_{j=0}^r |x_j| + \sum_{j=r-w}^r |x_j|} \cdot \left| \sum_{j=r}^{r+w} |x_j| - \sum_{j=r-w}^r |x_j| \right| \cdot r^\beta$$

式中： $R_i(r)$ 代表第*i*道第*r*个采样点的能量比值，*w*为计算时窗的点数，*i*为地震道道号， $1 \leq i \leq m$ ，*r*为对应的第*i*道的采样点点号， $1 \leq r \leq n$ ，*n*为一道的采样点数， α 为稳定因子，取值 0.1， β 为大于 0 的整数，取值 1；

其中采集的地震数据如图 2 所示，该单炮 32 个排列，道数为 8320 道，采样间隔 4 毫秒，每道采样点数为 500，图 2 为第 2 个排列，图 3 为第 462 道的 4 毫秒至 488 毫秒之间的一段原始记录，这一段包含了这一道的初至时间，按照上述的能量比值公式，得到能量比值曲线（如图 4 所示）；

步骤 102、将所述道的能量比值曲线最大值对应的采样点作为相应地震道初至时间的样点；如图 4 所示能量比值曲线最大值位置在 240 毫秒，即初至波峰点在 240 毫秒的时间位置，图 5 为所有道利用能量比值公式拾取初至时间的结果；

步骤 103、利用滑动时窗对初至时间线性拟合，根据初至时间与拟合线的距离确定可靠初至时间：

步骤 103a、以第一道初至时间为起点，滑动时窗长度为 *L*，滑动步长为 1，逐道滑动着对拾取的初至时间线性拟合，计算滑动时窗内每道初至时间与拟合直线的时间差，若滑动时窗内某道大于给定的阈值 δ ，则为异常初至，否则为可靠初至；

步骤 103b、以第一道初至时间为起点，确定第 k_1 道为第一个异常初至时间，

逐道滑动着向后寻找，直到第 k_2 道为异常初至，且第 k_2+1 道为可靠初至时，将第 k_1 至 k_2 道之间的初至时间标记为异常初至段，对所有拾取的异常初至时间进行标记。

其图 6 为滤除掉异常初至后剩余的可靠初至时间，滑动时窗长度为 20，给定的阈值为 40 毫秒。其中 354-358 道, 367-375 道, 510-517 道, 531-560 道为异常初至道，其中 531-560 道为噪音道，无有效初至时间。

步骤 104、计算可靠初至时间的正负波形面积比值的均值和初至波峰点能量的均值；

其中可靠初至时间的正负波形面积比值的计算公式如下：

$$P_{k_1-d} = \frac{A_{(k_1-d)1}}{A_{(k_1-d)2}}$$

式中： P_{k_1-d} 为第 k_1-d 道可靠初至时间的正负波形面积比值， $A_{(k_1-d)1}$ 和 $A_{(k_1-d)2}$ 分别为第 k_1-d 道初至时间的正波形面积和负波形面积，且 d 为大于等于 1 小于等于 l 的正整数， l 为预设的可靠初至时间的道数。

比值的均值的计算公式如下：

$$\bar{P}_{k_1-1} = \frac{\sum_{d=1}^l P_{k_1-d}}{l}$$

式中： \bar{P}_{k_1-1} 为与第 k_1-1 道相邻的可靠初至时间的正负波形面积比值的均值， P_{k_1-d} 为第 k_1-d 道可靠初至时间的正负波形面积比值， d 为大于等于 1 小于等于 l 的正整数， l 为预设的可靠初至时间的道数。

初至波峰点能量的均值的计算公式如下：

$$\bar{E}_{k_1-1} = \frac{\sum_{d=1}^l E_{k_1-d}}{l}$$

式中： \bar{E}_{k_1-1} 为与第 k_1-1 道相邻的 l 道可靠初至波峰点能量的均值， E_{k_1-d} 为第 k_1-d 道可靠初至波峰点的能量，且 d 为大于等于 1 小于等于 l 的正整数， l 为预

设的可靠初至时间的道数；

按照上述计算过程计算，其结果为：图 6 所示的地震数据的 $k_1=354, k_2=358, l$ 取 5。可靠初至时间的正负波形面积比值的均值 \bar{P}_{k_1-1} 的均值为 1.72，可靠初至时间的初至波峰点能量的均值 \bar{E}_{k_1-1} 为 1.87×10^{13} 。

步骤 105、计算异常初至道在预设的时窗内每个子波的正负波形面积的比值和每个子波的波峰点能量；

从确定的可靠初至时间相邻的异常初至时间第 k_1 道开始，逐道计算在预设的时窗内每个子波的正负波形面积比值 P_{k_1} 和子波的波峰点能量为 E_{k_1} ：

$$P_{k_1} = \frac{A_{k_1 1}}{A_{k_1 2}}$$

式中： $A_{k_1 1}$ 和 $A_{k_1 2}$ 分别为第 k_1 道预设的时窗内某个子波的正波形面积和负波形面积，给定的时窗为以相邻的可靠初至时间为中心，上下分别取 T 毫秒为时窗的长度，第 k_1+1 道以第 k_1 道修正后的初至为中心给定时窗，逐道滑动着确定第 k_1+2 至 k_2+1 道的时窗；

图 6 所示的地震数据的第 k_1 道预设的时窗范围为 100 毫秒；

步骤 106、根据上述计算得到的数据计算异常初至道在预设的时窗内每个子波的综合评价值，确定异常初至道的正确初至时间；

上述异常初至道在预设的时窗内每个子波的综合评价公式如下：

$$S = \varepsilon_1 \cdot \left| \frac{E_{k_1}}{\bar{E}_{k_1-1}} - 1 \right| + \varepsilon_2 \cdot \left| \frac{P_{k_1}}{\bar{P}_{k_1-1}} - 1 \right|$$

式中： S 为子波的综合评价值，最小值对应的子波为第 k_1 道的初至时间， E_{k_1} 和 P_{k_1} 分别为第 k_1 道预设时窗内某个子波的波峰点能量和正负波形面积比值， \bar{E}_{k_1-1} 和 \bar{P}_{k_1-1} 分别为与第 k_1-1 道相邻的 l 道可靠初至波峰点能量的均值和正负波形面积比值的均值， ε_1 和 ε_2 为加权系数， $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 1$ ， l 为预设的可靠初至时间的道数。

通过预设时窗计算可靠初至的初至时间与实际的初至时间的差的绝对值来

确定异常初至道的正确初至时间，其具体过程为：根据上述计算预设时窗内每个子波的综合评价值，确定了第 k_1 道的初至时间，将第 k_1 道作为可靠初至时间，依次计算第 k_1+1 至 k_2+1 道的初至时间，计算第 k_2+1 道的初至时间和实际的初至时间的差的绝对值，若所述差的绝对值小于 1，则计算的第 k_1 至 k_2 道的初至时间是正确的，否则确定的第 k_1 至 k_2 道的初至时间是错误的；

如果上述计算的第 k_1 至 k_2 道的初至时间是错误的，则以第 k_2+1 道为起始位置，依次计算第 k_2 至 k_1-1 道的初至时间，如果计算的第 k_1-1 道的初至时间和实际的初至时间的差的绝对值小于 1，则计算的第 k_2 至 k_1 道的初至时间是正确的，否则确定的第 k_1 至 k_2 道的初至时间是错误的，第 k_1 至 k_2 道的初至时间是 0；

图 6 所示的地震数据中 354-358 道异常初至道是可以修正的，如图 7 所示。

步骤 107、滑动着对所有异常初至时间进行计算修正。在步骤 105 之后，可以根据上述步骤 104 至步骤 106，对每段异常初至时间进行计算修正；其修正结果如图 7，异常初至 354-358 道, 367-375 道, 510-517 道的初至时间均被修正到了正确位置，531-560 道为噪音道，无有效初至时间，初至时间置为 0。

本发明的一种异常初至时间修正方法实施例提供的技术方案利用对采集的地震数据利用预设的能量比值公式计算每道每一个采样点的能量比值，得到每道的能量比值曲线；然后，将每道的能量比值曲线最大值对应的采样点作为相应地震道的初至时间的样点，所述能量比值公式可以提高单道初至时间拾取精度；利用滑动时窗对初至时间线性拟合，根据初至时间与拟合线的距离确定可靠初至时间；计算可靠初至时间的正负波形面积比值的均值和初至波峰点能量的均值；计算异常初至道在预设的时窗内每个子波的正负波形面积的比值和每个子波的波峰点能量；根据上述计算得到的数据计算异常初至道在预设的时窗内每个子波的综合评价值，确定异常初至道的正确初至时间；滑动着对所有异

常初至时间进行计算修正。利用本发明实施例提供的技术方案可以有效地实现对大数据量、低信噪比地震资料的异常初至时间进行修正，准确拾取初至时间。与现有技术相比，可以大大提高拾取初至时间的精准度和道数，为后续利用初至时间的属性解决地震数据的静校正问题提供有效的依据。

以上所述，并非对本发明作任何形式上的限制，虽然本发明已通过上述实施例揭示，然而并非用以限定本发明，任何熟悉本专业的技术人员，在不脱离本发明技术方案范围内，当可利用上述揭示的技术内容作出些变动或修饰为等同变化的等效实施例，但凡是未脱离本发明技术方案的内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰，均仍属于本发明技术方案的范围。